

**RESISTANCE WELDING DIAGNOSTIC METHOD**

**Patent number:** RU2133179  
**Publication date:** 1999-07-20  
**Inventor:** ARKHIPOV P P; KEREMZHANOV A F  
**Applicant:** ARKHIPOV PAVEL PAVLOVICH; KEREMZHANOV  
AKIMZHAN FAZYLZHAN  
**Classification:**  
- **international:** **B23K11/24; B23K11/24; (IPC1-7): B23K11/24**  
- **europaean:**  
**Application number:** RU19980107690 19980424  
**Priority number(s):** RU19980107690 19980424

[Report a data error here](#)

**Abstract of RU2133179**

**FIELD:** mechanical engineering; spot and projection resistance welding of metals and alloys.  
**SUBSTANCE:** infrared radiation of heat traces of welded joint from near-electrode area of welded part surface is optically formed. Electrical conversion of radiation is provided by thermosensor with spot sensing surface. Thermal action of infrared radiation onto objects under investigation is formed. Condition of equipment is judged by signals from thermosensor and characteristics of weld are determined. **EFFECT:** enhanced efficiency of diagnostic procedure. 3 cl, 8 dwg, 1 tbl

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(19) RU<sup>(11)</sup> 2 133 179<sup>(13)</sup> C1

(51) МПК<sup>6</sup> В 23 К 11/24

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 98107690/02, 24.04.1998

(45) Дата публикации: 20.07.1999

(56) Ссылки: SU 1748976, 23.07.92. RU 2050237,  
20.12.95. WO 88/00105, 14.01.88. EP 0252624,  
18.01.88.

(98) Адрес для переписки:  
109172, Москва, Гончарная наб.3, Архипову П.П.

(71) Заявитель:

Архипов Павел Павлович,  
Керемжанов Акимжан Фазылжанович

(72) Изобретатель: Архипов П.П.,

Керемжанов А.Ф.

(73) Патентообладатель:

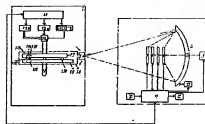
Архипов Павел Павлович,  
Керемжанов Акимжан Фазылжанович

(54) СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к сварочной технике для точечной, рельефной контактной сварки металлов и сплавов. В основу изобретения поставлена задача повышения эффективности диагностики контактной сварки. Сущность изобретения заключается в том, что оптически формируют инфракрасное излучение тепловых следов сварного соединения из окрестностей области поверхности свариваемой детали. Осуществляют электрическое преобразование излучения термодатчиком с точечной поверхностью восприятия. Формируют термовоздействия инфракрасным излучением на объекты диагностирования. По

сигналам с термодатчика производят оценку состояния оборудования и определяют характеристики сварного шва. 2 з.п. ф-лы, 8 ил., 1 табл.



RU 2 133 179 C 1

RU 2 133 179 C 1



(19) **RU** (11) **2 133 179** (13) **C1**  
(51) Int. Cl. 6 **B 23 K 11/24**

RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 98107690/02, 24.04.1998

(46) Date of publication: 20.07.1999

(98) Mail address:  
109172, Moskva, Goncharnaja nab.3, Arkhipovu  
P.P.

(71) Applicant:  
Arkhipov Pavel Pavlovich,  
Keremzhanov Akimzhan Fazylyzhanovich

(72) Inventor: Arkhipov P.P.,  
Keremzhanov A.F.

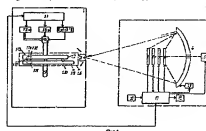
(73) Proprietor:  
Arkhipov Pavel Pavlovich,  
Keremzhanov Akimzhan Fazylyzhanovich

(54) **RESISTANCE WELDING DIAGNOSTIC METHOD**

(57) Abstract:

FIELD: mechanical engineering; spot and projection resistance welding of metals and alloys. SUBSTANCE: infrared radiation of heat traces of welded joint from near-electrode area of welded part surface is optically formed. Electrical conversion of radiation is provided by thermosensor with spot sensing surface. Thermal action of infrared radiation onto objects under investigation is formed. Condition of equipment is judged by signals from thermosensor and characteristics of weld are determined. EFFECT: enhanced efficiency of

diagnostic procedure. 3 cl, 8 dwg, 1 tbl



RU 2 133 179 C1

RU 2 133 179 C1

RU 2133179 C1

5  
10

た

2

2

3

4

1



определяют износ оборудования, в том числе гибкого кабеля сварочного тока, ослабление крепления токоподводящих элементов, при локальном уменьшении уровня  $U_1$  нагрева определяют острые кромки поверхностных дефектов, в том числе похода на детали от вдавливания электрода, при локальном перегреве в процессах охлаждения сварного соединения обнаруживают поверхностные и подповерхностные дефекты несплошности деталей и сварного соединения, при совпадении термометрических кривых остывания одного из эталонных и контролируемого участков определяют твердость участка детали или сварного соединения, кантуют и бинарно преобразуют градиентно-экстремальные сигналы диагностируемых объектов с получением сигналов позитивного  $U_2(1,0)$  и негативного  $U_2(0,1)$  контраста, по распределению позитивного контраста  $U_2(1,0)$  определяют геометрические центры, траектории скелетов, местоположение, разветвленность углов протяженных траекторий, изменение направления траектории в сравнении с эталонным, площадь, объем, протяженность, конфигурацию, ориентацию, скорость, направление движения, статистические оценки распределения объектов, по распределению негативного контраста  $U_2(0,1)$  определяют замкнутость траекторий, конфигураций объектов, расстояния между ними. Кроме того, инфракрасное излучение тепловых следов сварного соединения, по крайней мере при технологической подготовке производства, оптически формируют из междуэлектродной области, а по изменению типа контраста в процессах нагрева и охлаждения или охлаждения с переходом от негативного  $U_2(0,1)$  к позитивному  $U_2(1,0)$  контрасту распределения градиентно-экстремальных сигналов определяют наличие или отсутствие внутренних дефектов несплошности. Изобретение поясняется чертежами и таблицей.

На фиг. 1 представлена блок-схема термосенсорного устройства диагностики контактной сварки (КС), позволяющая одну из возможных реализаций способа в контуре проведения технологического процесса.

В таблице 1 показаны объекты, области визуирования ИИ диагностических характеристик термосенсорного диагностирования (ТДС).

На фиг. 2 - пример расположения зон и областей визуирования КС.

На фиг. 3 иллюстрируется пример блок-схемы процесса КС.

На фиг. 4 - структура этапов ТДС КС.

На фиг. 5 - информативная структура ТДС КС.

На фиг. 6 - блок-схема основных взаимосвязей операционных преобразований ТДС КС.

На фиг. 7 - алгоритм А1 термосенсорных диагностических оценок амплитудных изменений.

На фиг. 8 - алгоритм А2 ТДС тепловых следов КС.

Предусматривается учет дистанционной передачи ИИ посредством световодов, в частности зеркальных отражателей или световолокнистых эндоскопов. Но это для

упрощения на фиг. 1 не показано.

В контуре на фиг. 1 блок 1 технологического процесса включает систему управления сваркой 1.1, в качестве которой могут использоваться такие объекты, как различные автоматизированные системы, наладчик при их настройке или рабочий-сварщик. Кроме того, в состав блока 1 входят: системы сжатия электродов 1.2, охлаждения 1.3, и формирования тока 1.4 (включающая кабель 1.4.1, вторичную катушку), держатель подложного электрода 1.5, подпункт 1.5.1, и неподвижный 1.5 электроды; детали 1.7, подлежащие сварке; собранная под сварку конструкция 1.8; свариваемая конструкция 1.9, с приваткой 1.10, сварным соединением 1.11, включающим поясок твердой фазы 1.12, с внешними 1.13 и внутренними 1.14 дефектами, а также жаром 1.15.

Объекты 1.1-1.5, 1.8, 1.9 в процессе КС или внешнего дополнительного нагрева (активное визурование) обладают тепловыми следами 2 тепловых образов процессов функционирования оборудования и формообразования, диагностирование состояний которых является целью ТДС.

Термосенсорное диагностическое устройство 3 включает рефлекторный оптический блок 4, вспомогательный излучатель 5, пространственно-временной фильтр 6, спектральный фильтр 7, термодатчик излучения 8, с точечными термочувствительными аналоговыми оптическим излучателем 9, датчик температуры среды 10 (составляющие оптоэлектронный канал, визуруемый на зоны тепловых следов 2 непосредственно или через световод, причем таких каналов в устройстве 3 может быть несколько), а также операционный блок 11, регистратор 12. Кроме того, в устройство 3 может входить привод 13.

Для надежной защиты от искр, вылетов при настройке и выборе режимов перед оптоэлектронным(и) каналом(и) может быть поставлен(ы) пропускающий(е) ИИ, например, сточный(е) экран(ы) из высокопроводящего металла (на фиг. 1 для упрощения не показано).

Рефлекторный оптический блок 4 представляет собой зеркальный объектив с основной площадью восприятия теплового следа 2 и с областью, открытой для пропуска вспомогательного излучения излучателя 5. Оптическая ось этой области совместима с оптической осью аналогичных пропускающих областей фильтров 6 и 7 и воспринимающей области термодатчика 8. Геометрия площади визуирования их подобна геометрии блока 4. Основная функция блока 4 состоит в формировании на фильтрах 6, 7 и термодатчике 8 излучения от теплового следа 2 или излучения от основного излучателя 9 одновременно с пропускаемому вспомогательного ИИ от излучателя 5. В состав блока 4 может входить привод 13, электрически управляемый блоком 11 для фокусировки и ориентации.

Вспомогательный излучатель ИИ 5 электрически подключен к блоку 11 и оптически ориентирован на вспомогательную область термодатчика 8 через соответствующие области блока 4 и фильтров 6, 7. Излучатель 5 для различных задач в разное время по программе блока 11

обеспечивает функции начальной и текущей калибровки, тестирования и гетеродинажирования.

Пространственно-временной фильтр 6 электрически управляющим входом соединен с блоком 11 и оптически соосно расположен между излучателем 5, блоком 4 и фильтром 7. Он реализуется многоэлементной, в частности, жидкокристаллической структурой с оптической прозрачностью в зависимости от величины и геометрии подчипа на электроды соответствующих элементов потенциала с блока 11. В набор управляющих функций фильтра 6 входят: отборочная, развсюкурсивная с использованием корреляционной оптической фильтрации; электронное вращение полосового фильтра относительно оптического центра изображения входного излучения с шириной полос пропускания и перефигури, информативной для определенных условно статических (на время операционного преобразования) или движущихся объектов контроля; формирование вращаемого относительно совмещенных центров изображения конфигурации одного из эталонных объектов по отношению к распознаваемому.

Спектральный фильтр 7 электрически соединен входом с выходом блока 11 и оптически соосно расположен между фильтром 6 и термодатчиком 8. Функцией фильтра 7 является спектральная фильтрация входного излучения с возможным управлением от блока 11.

Термодатчик излучения 8 электрически соединен с блоком 11 с возможностью управления чувствительностью, контрастом и оптически расположен между фильтром 7 и излучателем 9 на пути проходящих через фильтр 7 основного визируемого от блока 4 и вспомогательного от блока 5 ИИ. Назначение датчика 8 - пространственно-временное преобразование в электрические сигналы основного и вспомогательного ИИ.

В зависимости от конкретных задач сварки и исполнения оптико-электронных каналов термодатчик 8 может быть выполнен в следующих видах.

Как - отдельные термисторимонии, в том числе пироэлектрические, обычные или позиционно-чувствительные модули ИИ, ориентированные по объектам визирувания (см. табл. 1 и фиг. 2): окрестности свариваемого соединения - зона 31; окрестности подхода к приваивке, к краю 32 (наперед по ходу движения сварочного инструмента); окрестности остывающего сварного соединения - 33; отклика от дополнительного термовоздействия 34; области зон напротив подвижного электрода 035, напротив неподвижного - 036, междуэлектродной - 037, реперных на контролируемых поверхностях обработки 038 (на подвижном держателе 1.5 электрода 1.5.1), 039 (на примере кабеля 1.4.1, вторичного контура). Причем оптико-электронные каналы опкоэлектродного визирувания

ориентированы соответственно на области 035,036 а используемый преимущественно при технологической подготовке производства канал междуэлектродного визирувания ориентирован на область 037 зон 31-34. Отдельные каналы визируются областями

038,039 на контролируемые поверхности 1.1-1.5 и могут быть упрощенными (например, содержит только термодатчик 8 с пироприемником для 038 или с пироприемником линейной для 039 при контроле 1.4.1). При узкой специализации в термодатчике 8 используются двухплощадочные пироэлектрические модули с ориентацией вторых площадок на визируемый излучатель 5, с условным центром распознаваемым по оси траектории ша в свободной области (не обязательно в центре) визирувания.

Как - многоэлементная структура полупроводниковых чувствительных элементов обнаружения и распознавания объектов ИИ с электронным сканированием перенесенных областей и зон визирувания.

Как комбинация позиционно-чувствительных модулей обнаружения и многоэлементных структур распознавания объектов ИИ.

Как - совмещение фиксируемых по визируванию модулей и структур с диспозитивным исполнением многоэлементных структур поискового визирувания (блок 4 с приводом 13) дефектов в зонах 33, 34. В ряде случаев для поискового визирувания целесообразна структура термодатчика 8, подобная зрительной, с более частым расположением элементов к условному кольцевому центру, внутри пропускающему ИИ излучателя 5.

Возможное объединение датчиков 5 и 7 и термодатчика 8 в единую полупроводниковую структуру, что при сложной технологической проработке на начальном этапе, имеет преимущества в обеспечении надежности, весе, габаритах, технологичности и в снижении цены при серийном изготовлении.

Инфракрасный излучатель 9 ИИ электрически соединен с блоком 11 и оптически ориентирован, как показано на фиг. 1, на блок 4. Функции излучателя 9 в разное время составляют: начальную и текущую калибровку, тестирование, гетеродинажирование, активное визирувание направления на объект, обеспечение спектральной оценки и основное - импульсную или непрерывную генерацию ИИ при сканировании контролируемого объекта.

Датчик температуры среды 10 подключен выходом к операционному блоку 11 и реализуется, например, на базе контактного полупроводникового терморезистора, формирующего абсолютные значения температуры.

Операционный блок 11 представляет собой компьютер с интегрфайными узлами сопряжения на аналоговых входах и выходах. В конкретных специализированных применениях возможна микропроцессорная или аналоговая реализация блока 11.

Обеспечиваемые программой и связями с блоком 11 с излучателями 5, 9, с фильтрами 6, 7, с термодатчиками 8, 10 с регистратором 12. Функции блока 11 состоят в преобразованиях: исходной настройки с учетом визирувания и фокусировки на информативные области и зоны, амплитудного слежения по изменению чувствительности, по оценке излучательной способности объекта; корреляционно-термограммной оценки твердости, обработки сигналов КС,

распознавания информативных условно точечных и протяженных объектов по их оценкам преимущественно на основе дальнейшего рассмотрения базовых моделей.

При формировании оценок, при обнаружении исходных диагностируемых объектов могут быть представлены как точечные, одно-, двух- и трехмерные, сводящиеся к двумерным сечениям; на время преобразования условно статические и движущиеся, различных характеристик площади и геометрии; преимущественно инвариантные к масштабу и положению в поле изображения; контрастные позитивного или негативного фона.

Для них базовая модель имеет вид

$$b \left( \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} \right) \times E - H = a \frac{\partial H}{\partial t} \quad (1)$$

при условно статической на время быстродействующей реализации (1) области задания с коэффициентом преобразования K сигнала с исходного изображения E(x,y) в сигналы преобразованного изображения I(x,y) с координатами x, y.

Коэффициентами a, b соответственно моделируют накопление, размытие сигналов. Таким образом с учетом коэффициентов a, b, K могут складываться малоразмерные, импульсные помехи на исходном E(x,y) во времени t.

Базовая динамическая модель имеет вид

$$b \left( \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} \right) \times E - H + \frac{\partial H}{\partial x} \times V_x + \frac{\partial H}{\partial y} \times V_y = a \frac{\partial H}{\partial t} \quad (2)$$

с движущейся областью задания и проекциями векторов скоростей V<sub>x</sub> на горизонтальную ось X и V<sub>y</sub> на вертикальную ось Y.

Однозначность базовых моделей (1) и (2) определяется начальными условиями H<sub>0</sub> = E(x,y) и граничными условиями:

$$\frac{\partial H}{\partial x} \times x_r + \frac{\partial H}{\partial y} \times y_r = 0$$

Исходные E(X,Y), представляющие обычно сигналы тепловых изменений, с выходов пиротермометров термодатчика 8 преобразуются в градиенты I(x,y) с информативным дублирующим представлением амплитуды и площади растекания исходного воздействия.

Рассмотренные мощные фильтрационные преобразования (1), (2) позволяют существенно отстроиться от изменений излучающей способности, теплофизических характеристик материалов и теплоотдачи, значительно искажающих результаты термодатчика ИИ.

Представленные в различных формах уравнения теплопроводности модели (1) и (2) линейны при непрерывной, изотропной области задания, с независимыми физическими свойствами модельной среды от коэффициентов a и b границах X<sub>0</sub>-X<sub>1</sub>, Y<sub>0</sub>-Y<sub>1</sub> кадра изображения. Тем самым они корректны и имеют доказательство существования, единственности, устойчивости решения.

Такое решение с высоким быстродействием и несложной программно-технической реализацией может быть получено с помощью интеграла Фурье, т.е. с использованием известных методов и

средств оптической и электронной расфокусировки. Возможна также реализация методами цифрового, аналогового, связанного (эквивалентного по результатам) моделирования с помощью конечно-разностной аппроксимации, с использованием фундаментального решения Кельвина и др.

Для сложных зашумленных информационных массивов универсальная программная компьютерная реализация специализированная программная микропроцессорная реализация в блоке 11 базовых моделей (1) или (2) позволяет с повышенной точностью и эффективностью формировать закономерности накопления и размытия накопленных сигналов.

Реализация базовых преобразований (1) и (2) различными способами увеличивает гибкость обеспечения универсальных возможностей устройства. Так, оптическая расфокусировка может реализовываться блоками 4, 11 посредством привода 13. Однако она связана с введением только Гауссова расфокусирующего преобразования и энергетическими операциями. Эквивалентное расфокусировке преобразование исходного излучения можно получить периодической подачей на условно центральные чувствительные элементы двухплощадочных (многоплощадочных) пироприемников элементов термодатчика 8 вспомогательного переданного излучения, с излучателя 5. Оптическая корреляция, использующая расфокусирующие маски в фильтре 6, управляемом блоком 11, может быть более универсальной и быстродействующей, но связана с относительной сложностью фильтров.

Регистратор 12 электрически подключен к выходу операционного блока 11 и определяется, в частности, средствами компьютерной реализации отображаемых от блока 11 характеристик объекта и сигналов управления. Регистратор 12 призван обеспечить настройку, регулировку,

наглядность результатов выполняемых основных функций устройств.

В отдельных случаях конкретных применений устройство 3 может быть упрощено за счет использования световодов (существенное уменьшение количества каналов устройства 3); соответствующих конструкций термодатчика 8, блока 4 и привода 13 (вплоть до отсутствия, т.е. электронное сканирование при достаточной эффективности блока 4 и датчика 8 может иметь преимущества в обеспечении надежности); отсутствия фильтра 6 с перенесением его функций на программную обработку в блоке 11.

Вместе с тем, в наиболее полных объемах аппаратурно-программное исполнение блоков 4,11, излучателей 5,9, фильтров 6,7, термодатчиков 8,10, регистратора 12 и привода 13, как для начальных преобразований и базового моделирования, так и для обеспечивающих операционных преобразований существенно увеличит возможности устройства и упростит программную обработку.

Рассмотрим представленные в табл. 1 и на фиг. 2-5, определяющие способ диагностики КС, диагностируемые объекты, функции, признаки и зоны контроля

В наиболее полном объеме визирующие согласно примеру на фиг. 2,3 может осуществляться на стадии настройки, отработки технологии. При этом на образцах при отработке режимов в различных районах могут использоваться все зоны 31-34 и области зон 035-039. Некоторое преимущество для отдельных задач имеется в использовании 035 у неподвижного электрода 1.5 за счет минимального влияния завесток от посторонних источников и уменьшения влияния динамического электрода. Преимущество 037 заключается в возможности непосредственного наблюдения по крайней мере на образцах при технологической подготовке в зонах 31-34 пояса твердой фазы 1.12 вокруг литого ядра.

В передней по траектории свариваемого точечного шва области тепловую следы 2 можно наблюдать, подходы к прихватке, к различным видам краев. Для наблюдения и геометрической оценки в зонах 31-35 может использоваться как пассивный прием излучения, так и активная подсветка (с помощью излучателя 9) и прием в различных частях фильтров 6,7 и чувствительных элементов 1 термодатчика 8.

Может быть использована автоматическая регулировка оптико-электронного канала и режима активного визирующего с помощью управляемого привода 13 блока 4. Это целесообразно в ряде случаев при уточняющем сканировании места предварительного обнаруженного градиента дефекта неслучайности.

Область 038 с маркерным чернением (1, наносенным, например, краской) на держателе 1.5 используется для визирующего движущегося электрода 1.5.1.

Область 039 визирующая, например, кабеля 1.4.1 вторичного контура обеспечивает контроль возможности обрыва жил этого кабеля по предшествующему перегреву ИИ в соответствующем месте. Кроме того, визирующая 039 оптико-электронным каналом в перегретой "исправной" реперной точке обеспечивает дополнительный контроль величины тока вторичного контура. Подобным образом может быть продублирована система 1.3 водяного охлаждения электродов и частично система 1.2, сканера электродов.

По результатам эффективной лабораторной технологической подготовки, если в конкретной технологии междуэлектродный контроль недоступен, как правило вполне достаточно использовать визирующую только на области 035 или (и) 036. Хотя в отдельной (х) точке (х) желательно, если возможно, в производственный цикл сварной конструкции вводить периодический проверочный контроль междуэлектродной области 037.

С учетом выполняемых функций и преобразования визирующие сигналы сканируются по термочувствительным элементам 1 или суммируются по ним с визирующим; области 035, 036 представленных плоскостью координат x, y; области 037 с плоскостью x,z; области 038 с плоскостью x, z или y, z; области 039 плоскостей разных сочетаний координат x, y, z.

Площадь визируемой конструкции, расстояние до нее и угол визирующая (с учетом закона Ламберта) выбираются из условий

достаточной чувствительности и помехозащищенности (в первую очередь от перегрева, брызг расплавленного металла и других вредных для оптоэлектронных термомеханических воздействий) по конкретным технологиям, динамике движения или временного режима сварки.

При автоматической регулировке оптикоэлектронных каналов устройств, имеющей преимущества при поиске дефектов, неслучайности на протяженных участках контроля, используют фокусирующие облучатели от преобразования (1) для определения фокусного расстояния до объекта. В этом случае целесообразно еще и автоматическая поисковая оптическая ориентация на обнаруженный объект по его центру.

Раскомпонованные согласно табл. 1 и фиг. 2 зоны областей и способы визирующая соответствуют в различных сочетаниях функциям Ф1-Ф5 диагностирования в широком смысле и Ф3 - в узком по объектам 01-08.

В соответствии с ориентированной на ТСД классификацией дефектов (07) и конкретизацией табл. 1 по отдельным технологиям для контактной точечной сварки можно добавить следующее.

Причиной внешних и внутренних раковин, пор, трещин является снижение давления Р, ковочного давления Р<sub>к</sub> и времен соответственно сварки Т<sub>с</sub> и ковки Т<sub>к</sub>. Увеличение запаздывания ковочного усилия, некачественный сбор и очистки. Грани, отклонения режима прихватки в алюминевых сплавах определяет наличие наружных трещин. Горячие трещины возникают в сплавах с широким диапазоном температур кристаллизации, внутренние трещины в закаливаемых сталях определяются быстрым охлаждением и уменьшением давления, трещины в углеродистых сталях связаны с вытеканием. Хрупкие трещины определяются максимальным охлаждением от длительного пребывания под электродом после отключения тока. Кроме того? информативными признаками трещин являются их форма (наличие острых краев), размеры, плоская ориентация, разветвленность, расстояние между ними. Особо информативные признаки скопления, пор, раковин-дисперсия, среднеквадратическое отклонение или площадь и средний радиус совокупности дефектов на плоскости.

Представленный на фиг. 3 пример блок-схемы технологического процесса КС включает установку электродов 14, крепление деталей 15, формирование прихвата 16 и свариваемого шва 17 (определяемые системой управления 1.1, связанной с блоком 11). Он позволяет выделить совокупность функциональных элементов и блоков ТСД. Им являются: контроль формы и параллельности установок (отсутствие перекосов) электродов 18; оценка геометрии (отсутствие перекоса) деталь-электрод 19; оценки состояния поверхности, загрязненности 20; подхода к прихватке, к краю 21; диагностика износа электродов 22; диагностика состояния оборудования 23; определение структуры сварного соединения 24; оценка плоскостных изменений термоупругости 25; оценка твердости 26;

RU 2 1 3 3 1 7 9 C 1

RU 2 1 3 3 1 7 9 C 1



распознавание дефектов 27;  
диагностирование сварного цикла 28  
(соответствующими состояниями ДС1 -  
выпуск, ДС2 - перегрев, ДС3 - норма, ДС4 -  
непрерыв, ДС5 - твердая фаза), прогноз  
состояний 29; контроль состояний 30;  
контроль управления проковкой 31; оценка  
уровня ДС сварного соединения 1.11. При  
этом, блоки 18-23, 26, 27, 29-32 кроме  
обеспечения управления дают информацию к  
обработке, определяют статистическое  
управление качеством технологического  
процесса.

Выявленные согласно фиг. 3  
функциональные блоки и диагностируемые  
состояния технологического процесса  
позволяют определять взаимосвязи этапов  
ТСД (фиг. 4). Определяющими ТСД  
результатами разработанной технологии  
(блок 33) являются: значения тока сварки  $I_c$ ,  
а также тока подогрева  $I_w$ , дополнительного  
оптимизирующего тока ковки  $I_k$ , давления  
сварки  $P_c$  и ковки  $P_k$ , с соответствующими  
временами  $T(I_c)$ ,  $T(I_w)$ ,  $T(I_k)$ ,  $T(P_c)$ ,  
(определяемого длительностью  $T(I_k)$ ),  
 $T(P_k)$ , скоростью охлаждения), а также  
оптимальная форма электродов.

Полученные результаты подвергаются в  
блоке 34 производственным изменениям  
успокоя разделяемым по скорости изменения.

Наиболее быстрые изменения питающей  
сети согласно блока 35, приводят к  
следующим диагностируемым состояниям:  
при предельном уменьшении тока,  
(связанного, например, с однократным  
включением большого количества сварочных  
агрегатов) - непрерыв (ДС4), при предельных  
уменьшениях давления  $P_c$  - выпуск (ДС1),  
при предельном уменьшении давления  $P_k$  -  
дефекты 1.13, 1.14. Предельное увеличение  
давления  $P_c$  может привести к непрочуру  
(ДС4).

Более медленные производственные  
изменения определяют предельные  
изменения геометрии деталь-электрод (блок  
19), изменения состояния поверхности,  
загрязнения (блок 20), структурно  
геометрические изменения подхода к  
прихватке, к краю (блок 21), предельные  
изменения твердости (блок 26), и  
обнаружения дефектов (блок 27).

Существенно более медленными  
являются производственные изменения  
износа электродов (блок 22) и оборудования  
(блок 23).

Термосенсорный учет производственных  
изменений при технологической подготовке  
лишь частично может обеспечить  
оптимизацию технологии (обратная связь  
блоков 33 и 34). Разработанная технология  
согласно блоку 33 определяет управление  
сварочным процессом через систему  
управления 1.1. Диагностирование реальных  
производственных изменений (в блоке 34),  
совместно с термосенсорно  
диагностируемыми состояниями сварочного  
цикла в блоке 28 обеспечивает корректировку  
управления в системе 1.1, что позволит в  
итоге существенно улучшить качество  
сварного соединения 1.11, рационально  
увеличить твердую фазу 1.12 или литое ядро  
1.15, уменьшить внешние 1.13 и внутренние  
1.14 дефекты.

Реализация рассмотренных функций ТСД

согласно информационной структуре (фиг. 5)  
состоит в следующем.

На входе термосенсорного устройства 3  
подлежит визуированию области 035-039  
оборудования 1.1-1.4, электроды 1.5-1.6,  
деталей 1.7 собранной конструкции 1.8 и  
свариваемой конструкции 1.9 (фиг. 2).

В результате термосенсорного  
диагностирования должны формироваться  
информативные данные о плоскостных  
состояниях (блок 38) деталей 1.7 (состояние  
поверхности 20, предельные отклонения  
твердости 26, наличие дефектов 27);  
геометрии, установки и формы электродов  
(блок 18); износа электродов (блок 22),  
сборочной конструкции 1.8 (геометрия  
деталь-электрод 19, подход к прихватке, к  
краю 21); оборудования 23 (1.2-1.4). А также  
о временных состояниях (блок 39);  
корреляционной оценки твердости 26 по  
охлаждению; сварного соединения 1.11  
(характеристики 1.12-1.15) и всей  
свариваемой конструкции 1.9; износа  
оборудования (1.2-1.4) и электродов 1.5-1,  
1.6; по циклам работы персонала,  
выполнения программы и др.

Данные о плоскостных и временных  
состояниях на этапе разработки технологии  
(блок 33) определяют обработку:  
статистическую (блок 40); оперативную  
(адаптивную для автоматизированных  
процессов управления в системе 1.1); само  
производство 41 сварной конструкции 1.9.

Получение информации о плоскостных и  
временных состояниях определяет  
взаимосвязью операционных преобразований  
ТСД, показанных на фиг. 6.

Вспомогательный блок 42  
спектрально-амплитудных преобразований  
характеризует посредством спектрального  
оператора  $\lambda$ ,  $i(f)$  градиентного сигнала  $U_i(f)$ :  
состояние, загрязнение поверхностей  
деталей, определяющее излучающую  
способность и причины дефектов для  
возможного их устранения (02-08, ф4, ф5,  
табл. 1). Уровень излучающей  
способности  $\epsilon$  уточняет амплитудную и  
амплитудно-временную информацию блоков  
43, 44.

Функциями базового блока 43 являются  
амплитудные термосенсорные оборудования  
(состояние медленного износа оборудования  
посредством реализации по (1) из  $E_k, y$ )  
оценки приращений операторов выделения  
градиента  $\Gamma$  или (и) площади  $S$  визуруемой  
области 039), режимов (существенно  
отличающихся от "изношенных") изменения  $\Gamma$ ,  
 $S$  из реперных точек "изношенных", т.е.  
нормально функционирующих, зон 039);  
полей дефектов визуруемых зон 31, 33, 34,  
областей 035-037 для изменений  
проявляющихся в темпе проведения процесса  
сварки конструкции (внешние дефекты  
появления поскока вокруг электрода и его  
острой кромки, характеризующей  
уменьшением на ней реализуемого по (1) из  
 $E_k(x)$  оператора выделения градиента  
термосенсоры из зон 1, 3, 4, 035, 036).  
Причем, амплитудно-градиентные  
дублируемые оценкой площади по (1) и (2)  
термооценки внешних и внутренних дефектов  
являются базовыми для последующих  
преобразований в блоке 45.

Амплитудно-временные термосенсоры в  
блоке 44 могут разделяться отдельно по

времени нагрева и охлаждения.

Термоисцеление в процессе нагрева: быстрые изменения режима при колебаниях энергии литания по  $\Gamma(t)$  и  $S(t)$ , "исправных" токмах зон 039 нормально работающего оборудования; момент аномального шунтирования (при допустимых изменениях напряжения сети) по  $\Gamma(t)$  со случайным касанием токопроводящих частей оборудования, внесением значительных магнитных масс и т.д., состояния ДС1-ДС5 сварного шипа по  $\Phi(t)$ ,  $\Phi_2(t)$  и  $S(t)$ , возникающие из зон 31 областей 035-037. Состояние износа электрода по  $\Gamma(t)$  из зон визирования 31 035, 036. Причем, если колебания напряжения питающей сети просто измерить электрически, то колебания в системах 1.2 и 1.3 определяются посредством пиротехнических преобразований.

Термоисцеление в процессе охлаждения: состояния ДС3-ДС5, соответственно Ф3 по интегральной оценке градиента  $G$  охлаждающейся термоэнергии сварного соединения, визуируемой из зоны 1, областей 035-037; контроля управления прожогой по определенным из условий максимальной циклической прочности нормируемой для соответствующих материалов или экспериментально урсания включения  $\Gamma(t)$  и выключения  $\Gamma_2(t)$  прожоки, визированием из зоны 1 035-037; корреляционного определения твердости по максимальному оседанию кривых оседания контролируемой  $\Gamma(t)$  и эталонной  $G_0(t)$  твердости, визуируемых из реперных точек или сводящихся к ним интегральных оценок зон 31-34 областей 035-037.

Блок 45 преобразует исходные амплитудные сигналы, к нормированному уровню  $E(x, y)$ , достаточного для последующих преобразований на базе (1), (2),  $U_1(0, 1)$ ,  $U_2(0, 1)$ , которые пространственно используются в блоках 46-50.

Блок 46 представляет собой по изменению симметрии термоисцеления на детали вокруг электрода (оператор связности  $S$ ) или пороговому отклонению  $+G, +S$  из зон 31 035, 036 геометрические оценки: формы электрода (начальной и в процессе износа); переноса установившихся электродов; перекоса детали-электрод. Кроме того, в блоке 46 определяются подходы к приватке, к краю. Используются операторы  $G, S, C, K, \Phi, Y, U, I$ . При этом оператор  $\Phi$  посредством блока 47 определяет нормирование для преобразований в блоках 46, 48-50 исходных объектов по площади.

Блок 48 на основе нормирования от блоков 45 и 47 амплитуды и площади (в ряде случаев нормирование по площади необязательно) представляет оценки: определяемые оператором расстояния  $R$  между траекториями  $\Phi$  трещин, скелетов, скопленных дефектов или между точечными реализациями случайного процесса, расположенные на принадлежность к определенному классу состояний ДС1-ДС5; определяемые оператором  $O$  оценки подходов к краю, распознавания опасного направления траекторий трещин, скопления дефектов.

Блок 49 на основе нормирования от блоков 45 и 47 амплитуды и площади (в ряде случаев нормирование по площади необязательно) представляет в виде операторов скорости  $V$  и направления

движения  $H$ : скатие электродов определяемое по реперной точке из 036 для оценки состояния системы 1.2 и временных стадий сварки; оценки глубины вдавливания электрода в деталь, реализации случайного процесса для распознавания состояний ДС1-ДС5.

Блок 50 на основе нормирования от блоков 45 и 47 амплитуды, площади представляет в виде операторов  $M, D, K$  вероятностные оценки: скопления, пор, раковин, реализаций случайного процесса формирования преимущественно распознаваемых состояний ДС1-ДС5.

Представленный фиг. 7 алгоритм  $A_1$  термосенсорных диагностических оценок амплитудных изменений содержит амплитудно-пространственные градиентно-экстремальные оценки 45-50 рассмотренных на фиг. 6 операционных преобразований.

Сущность показанных в блоках 46-50 на фиг. 6, 7 операторов, реализующих преобразования (1), (2) из нормированного  $E(x, y)$  полученного от исходных операторов  $G$  состоит в следующем.

Согласно блоку 52 оператор площади  $S$ , частично дублирующий на плоскости амплитудные сигналы  $G$ , позитивного контраста  $U_1(0, 1)$ , фиксирует в заданный момент времени амплитуду центральной области объекта, пропорциональную площади растяжения входного  $E(x, y)$ .

Оператор связности  $S$  (блок 53) характеризует пороговым пропуском или замкнутого внутреннего выреза сигналов меньших фона после преобразования (1) исходного негативного контраста  $U_2(0, 1)$  от объекта  $E(x, y)$ , где фон представляется уровнем 1, а объект - нулевым 0. Наличие такого сигнала определяет замкнутость, количество таких сигналов для объекта определяет связность, а амплитуда внутри его выреза - площадь.

При позитивном контрасте  $U_1(0, 1)$  предварительно нормированный по амплитуде оператор конфигурации  $K$  (блок 54) реализуется сопоставлением, представляемой  $E(x, y)$ , контролируемой, и накладываемой на нее соосно вращением относительно ее центра, эталонной конфигурации  $K_0$  с фиксированием их совпадения при наименьшем рассогласовании.

Оператор предварительно нормированной по амплитуде центральной области  $\Phi$  (блок 55) позитивного контраста  $U_1(0, 1)$  реализуется пороговой селекцией вершины рельефа растяжения по преобразованию (1). В сплошных объектах со в итоге представляет компактную центральную область, а для протяженных участков (трещин, раковин, скопленных пор и т.д.) - скелетные траектории.

Оператор узлов (разветвлений)  $U$  (блок 56) перед преобразованием (1) нормируемого по амплитуде и площади изображения  $E(x, y)$  исходной траектории позитивного контраста  $U_1(0, 1)$  определяется пороговой фиксацией увеличения амплитуды в месте энергетического скопления в узлах.

Для определения оператора изменения направления траектории  $I$  (блок 57) нормированного перед преобразованием (1) по

амплитуде и площади изображения  $E(x, y)$ , исходную траекторию позитивного контраста  $U_1(1,0)$ , рассматривает на участке фиксированной области с наибольшей стороной, перпендикулярной направлению траектории. При отклонении на этом участке траектории фиксируется увеличение ее площади пропорциональное большому изменению траектории.

Оператор ориентации  $O$  (блок 58) позитивного контраста  $U_1(1,0)$  определяется наложением на исходное для преобразования (1) изображение  $E(x, y)$  полосового фона, вращаемого на заданный угол ориентации. Вместо вращения фона может быть использована и вращаемая на угол ориентации анизотропная фильтрация  $E(x, y)$ . Промодулированные таким образом объекты, совпадающие с информативной ориентацией, дают сигналы достаточной амплитуды, проходящие пороговое преобразование.

Оператор расстояния  $R$  (блок 59) определяется наложением на исходное для преобразования (1) изображение  $E(x, y)$  вращаемого полосового фона. В промодулированном таким образом сигнале исходного  $E(x, y)$  негативного контраста  $I(0, 1)$ , с высоким уровнем фона, низкие объекты, в определенный момент пространственной модуляции в полосу пропускания попадают малоразмерные объекты от компактных областей и отрезки траекторий расстояний между ними. Они в отличие от участка расстояния объекта до границы изображения имеют заданные фронты начала и окончания. По амплитудам центральной части этих отрезков оценивают расстояние. Таким образом, например, не зная пространственного положения трещин в течение цикла модуляции можно определить наименьшее расстояние между ними.

При позитивном контрасте  $U_1(1,0)$  операторы скорости  $V$  и ее изменения (блок 60) выделяются при преобразовании (2) пропорционально  $V$  по искажению переднего и заднего фронта в направлении движения; по растягиванию площади следа; по снижению амплитуды.

Оператор направления движения  $N$  (блок 61) определяется наложением на позитивного контраста  $U_1(1,0)$  исходные для преобразования (1) изображения  $E(x, y)$  полосового фона, вращаемого на информативный угол направления. Здесь, также как и для оператора  $O$  может быть использована анизотропное преобразование  $E(x, y)$ . Промодулированные таким образом объекты, совпадающие с информативным направлением, дают сигналы достаточной амплитуды, проходящие пороговое преобразование. Селекция приближения или удаления производится по крутизне фронта в направлении движения.

При позитивном контрасте  $U_1(1,0)$  вероятностные операторы математического ожидания  $M$ , дисперсии  $D$ , среднеквадратического отклонения  $\delta$  (блок 62) характеризуются параметрами, описывающими вершину обобщенного рельефа растекания преобразованной по (1) совокупности. Причем пороговые преобразования вершины определяют: центральное положение области -  $M$ , ее амплитуду -  $D$ , а квадратично преобразованное значение амплитуды -  $\delta$ .

Оценки  $M$ ,  $D$  и  $\delta$  могут быть эквивалентны распределению тарности от дефектов скопления пор, раковин. При этом:  $M$  - соответствует центру скопления,  $D$  - площади,  $\delta$  - среднему радиусу.

Работа устройства согласно фиг. 6, 7 осуществляется следующим образом.

После включения устройства (блок 63) по алгоритму  $A2$  (фиг. 8) производится ввод (блок 67) исходной информации в блок 11. Через значения электрических потенциалов  $I_1, I_2$  задают значения потоков исходных  $\Phi$  и вспомогательных  $\Phi_0$  потоков излучений и эталонные для конкретного вида сварки (полученные ранее экспериментально) характеристики. В память блока 11 вводят входные и эталонные кадры изображений электрических потенциалов тестирования  $I_1, I_2$ . Формируют согласно рассматриваемому по фиг. 2-5 соответствующие конкретному технологическому процессу параметры, пороговые значения и характеристики, прежде всего определяющие выявленные согласно фиг. 5 операционные преобразования различных зон и областей визуирования. Их аргументами являются координаты  $x, y$ , длина волны и время  $t$ . Введенные исходные данные используют на начальном этапе в настройке, обучении и далее в периодической программной самодиагностике и самонастройке.

Настройка устройства 3 (блок 65) по программе блока 11 состоит из следующих операций.

Управляемый блоком 11 излучатель 5 формирует тепловой поток  $\Phi_0$ , величина которого определяется разностью потенциалов электрических сигналов температуры среды  $I_2$  (формируется в блоке 11 от термодатчика 10) и температуры  $I_1$  исходного ИИ (фиксируется блоком 11 от термодатчика 8). Изменяющаяся температура среды посредством связей датчика 10 и блока 11, изменений в основном функционировании посредством связей блок 11 - излучатель 5 - термодатчик 8 - блок 11, отклоняется разностным сигналом, корректирующим переичное значение  $I_1$ . Таким образом стабилизируется разностный поток теплового излучения с излучателя 5 для настройки, и последующей самодиагностики и преобразований. Подробно рассматриваемому обеспечивается стабилизация разностного уровня внешнего теплового потока с излучателя 9 посредством связей датчик 10 - блок 11 и блок 11 - излучатель 9 - датчик 8 - блок 11. В обоих случаях при стабильном формировании излучения формируются 5 или 9 даве при небольших значениях тепловых разностных сигналов, но при малом времени  $t$  легко получить значительные изменения  $\Phi(t)$  во времени  $t$ . Например, не сложно воспроизводимым изменением в тысячи градусов в секунду соответствует имитация высокотемпературных тепловых процессов в нормальных и экстремальных условиях формообразования (технологического и заводского дефектов в зонах сварного соединения, термического влияния, а также в различных металлургических процессах, в шлифовке и т.д.). Достигаются высокие точность, стабильность и большие диапазоны имитации широкого круга технологических и

RU 2 133 179 C 1

RU 2 133 179 C 1

технических объектов близко к динамике реального функционирования.

Посредством электронного преобразования ИИ можно не только обеспечить высокую точность настройки и самодиагностики, но даже один оптико-электронный канал многоканального устройства 3 позволяет тарировать остальные каналы. При этом регулируют усиление и выбирают положение рабочей точки в ответ на имитацию стандартных термодействий.

Согласно рассмотренному в режиме тестирования на излучатели 5 и 9 подаются соответствующие сигналы  $I_5$ ,  $I_9$  управления с блока 11. Таким образом физические моделируются возможные реальные ситуации в нормальных и экстремальных условиях и проверяется работа всех оптико-электронных блоков и элементов устройства.

В результате нуль-компенсации тестовые сигналы излучателей 5 или 9, задаваемые блоком 11, исходные сигналы  $\Phi$  тепловых следов 2 разными путями проходит блок 4, фильтры 6, 7, термодатчик 8 и формируются блоком 11. Задаваемый с блока 11 на излучатель 5 или 9 калибровочный поток  $\Phi_0$  практически одновременно с основным потоком  $\Phi$  преобразуется датчиком 8 и, соответственно, определяет

нуль-компенсационный сигнал  $I_{\Phi_0}$  (Ф- $\Phi_0$ ), характеризующий уточненный контроль  $\Phi$  с учетом электрических и оптических помех и погрешностей. Используя априорную информацию для конкретной технологии сварки посредством пространственно-управляемым блоком 11 частоты обтаторы в фильтре 6 исключают искажения входных сигналов.

Результаты проводимых одновременно оптико-электронных преобразований в пространственно-управляемых блоках 11, блоках 4, излучателей 5, 9, фильтрах 6 и 7, в термодатчике 8 фиксируются и сравниваются с известными эталонными результатами тестирования, записанными в блоке 11. Оцениваются погрешности  $I$  этих преобразований, которые соотносят с источниками их возникновения в компонентах устройства. Посредством блока 11 и регистратора 12 уменьшение погрешностей осуществляется путем регулирования оптического и электронного каналов, масштабирования в блоках и элементах устройства, и табличных корректировок в блоке 11. При необходимости узлы с нерепаруемыми и отказавшими, ремонтируют или заменяют в процессе эксплуатации устройства.

Таким образом, в соответствии с заданными в блоке 11 значениями  $I$ ,  $I(I_5)$ ,  $I_5$  исходное  $\Phi(I)$  и вспомогательное  $\Phi(I_5)$  излучения оптики одновременно формируют в блоке 4, излучателях 5 или 9, управляют прослушиванием фильтра 6, спектрально преобразуют фильтром 7 в электрические сигналы термодатчиком 8. После чего в блоке 11 производят сравнение преобразуемых сигналов с учетом заданных, в том числе пороговых и эталонных характеристик  $I_5$ . Тем самым осуществляют настройку и обучение, которые готовят устройство к надежной работе. Подобно рассмотренному проводят самодиагностику и обработку сигналов в процессе функционирования устройства.

Настроенное моделированием и формированием термодействий устройство готово к реализации заявляемого способа при отработке технологии с визиранием зон 1-4 035, 036 и визиранием зон 1-3 037 (обеспечивающим оптимизацию технологии вплоть до всестороннего осмотра сварного соединения 1.11), а также визиранием 035, 036.

Рассмотрим реализацию устройства 3 проиллюстрированного фиг. 3-6 на следующем примере. Согласно вспомогательного блока спектральных оценок блока 66 (20,42) по нагретым от излучателя 9 зонам 32 или пассивному термостолу от сварочного процесса оценивается оператором  $I(I)$  спектральный состав излучения поверхностей деталей 17 с возможными на них загрязнениями. Обнаружение загрязнения детали помогает устранить; перегрев и максимальный износ электродов; выплеск для высокотермоэлектронных материалов; неперевар у низкотермоэлектронных материалов; нарушение герметичности; трещины, раковины упрочностных сталей и других материалов. Загрязнение электрода ведет к перегреву, трещинам, раковинам.

ИИ от контролируемого объекта, проходя блок 4 и фильтр 6, в спектральном фильтре 7 преобразуется по-разному в зависимости от спектрального состава. Для исключения ложного срабатывания от общего перекрытия различных спектральных элементов используют в составе фильтра 7 вспомогательный опорный фильтр для последующего разностного суммирования в блоке 11 всех, в том числе и опорного, электрических сигналов датчика 8 от зон различной фильтрации. При прохождении в контролируемой среде какого-либо объекта (детали, схвата робота и т.д.) разностного суммарного сигнала не возникает и не происходит формирования ложных сигналов. Если же в контролируемом объекте, например, в сосуде или в трубопроводе есть недопустимые дефекты, приводящие к термодинамическим утечкам, или в процессе лайки тепловые потоки проходят через спектральные составляющие фильтра 7, соответствующие появлению определенных спектральных компонент, тогда возникает разностный сигнал  $I(I_5)$  обнаружения и идентификации обнаруживаемого объекта, вещества, больший соответствующего порога. Таким образом контролируют присутствие загрязнений свариваемых поверхностей и электродов. При этом тепловой поток, содержащий сигнал определенного спектрального максимума разделяют путем фильтрации в разных спектральных диапазонах, а электрические сигналы отфильтрованных потоков разностно усиливают.

Далее рассмотрение существа изобретения на конкретных субпо иллюстративных примерах его использования для различных процессов контактной, рельефной сварки не означает, что такие решения единственно возможны и исчерпывают весь объем призываний технического решения.

При включении тока по И от  $+I(t)$  с учетом значительных колебаний питающей сети, а также техногенических изменений толщины

количества свариваемых деталей определяют наличие сварочного процесса и диагностируемые состояния ДС1-ДС5 на стадии прогрева Ф1. В процессе прохождения тока подогрева  $I_0$  (блок 29 фиг. 3) значение  $+ \Gamma(t)$ , большее или равное прогнозируемому пороговому уровню позволяет предвидеть выплеск ДС1, перегрев ДС2. Значение  $- \Gamma(t)$ , большее или равное пороговому уровню, позволяет предвидеть неперевар ДС4. Соответствующие сигналы с блока 11 могут обеспечить адресное управление схемой 1.1а течение сварочного цикла для текущей и следующей точки. На стадии контроля Ф2 во время прохождения сварочного тока до его выключения (блок 30 фиг. 3)  $+ \Gamma(t)$ , большее или равное контролируемому пороговому уровнем, определяет реальное состояние ДС1, ДС2,  $- \Gamma(t)$ , меньшее или равное, оценивает ДС4. Появление выплеска на этой стадии характеризует обычно неправильный выбор режимов.

Контролируя достижения нормы ДС3 на стадии технологической подготовки избегают увода литого ядра в одну из деталей.

На стадии анализа причин Ф4 диагностируемых состояний сварки ДС1, ДС2, ДС4 определяют следующие:

Выплеск ДС1: одна из причин, особенно при начальном выплеске, для легких сплавов и легкоплавких покрытий - износ электродов, вторая - загрязнение, третья - плохая сборка деталей электродов, четвертая - предельные отклонения твердости, пятая - край детали, шестая - предельные отклонения ската электродов, седьмая - ухудшение охлаждения.

Перегрев ДС2: ведущий к износу электродов и неэстетической коррозионно опасной глубокой выемке от электрода по Ф4 подобен ДС1, но более умерен в пороговом отношении.

Неперевар ДС4: одна из причин для низкотермоэлектродных сталей титана и их сплавов - износ электродов вторая - загрязнение, третья - некачественная сборка, четвертая - предельные отклонения твердости, пятая - шунтирование, в том числе от случайного касания токоведущих частей, особенно у легких сплавов и легкоплавких покрытий, шестая - предельные увеличения давления и предельные отклонения тока и времени.

По пороговому снижению уровней  $\Gamma(t)$  во время прохождения тока резким уменьшением И определяет шунтирование от касания деталей токоведущих частей оборудования, а также существенные изменения И от внесения значительных магнитных масс в сварочный контур.

Определяющий качество технологии сварного соединения блок геометрических оценок Ф7 (блоки 18, 19, 21, 22, 43, 44, 46, 48 и структуры 35, 48 фиг. 3-6) позволяет учета пассивного и активного (повышающего помехоустойчивость при посторонних засветках) визуирования 31, 32, 34 областей 035-037 может реализовываться по разному в зависимости от конкретных условий применения оператором Г, S, C, K, P, O, Y, И. Базовый оператор Г может использоваться для оценки визуирования 32 035-037 подходов к прихватке (пассивно визуируемый сигнал проходит по основной цепи: блок 4, фильтры 6, 7, термодатчик 8,

блок 11 с превышением порога) и к краю (визуирования с уровнем меньшим порога). Оператор Г(П) также может обеспечить контроль износа электродов по перегрузу участка деталь-электрод, фиксируемому через блок 4, фильтры 6, 7, термодатчик 8 с формированием оценки состояния в блоке 11. Дублирующий Г оператор S может обеспечить визуирование 32 035-037, определяя также подход к прихватке 1.10 или к краю по той же основной цепи преобразований: 4, 6-8, 11. Кроме того, он позволяет судить о режимах  $P_0$ ,  $P_2$  и ДС2.

Оператор С ( $x, y, z, I_0$ ) определяет контроль изменения формы и перекоса электродов, перекоса деталь-электрод по неосимметричному углу вокруг электрода пассивному нагреву от, например, тока подогрева  $I_0$  или тока сварки  $I_0$  или от активного визуирования блоком 9. Нагрев визуируется в областях 035, 036 преобразованием по основной цепи 4, 6-8, 11 с пороговой селекцией меньшего по амплитуде сигнала замкнутости, связности, характеризующего норму. При появлении существенного изменения формы или перекоса замкнутость нарушается, в связи с чем в блоке 11 анализируется возможная причина аномальных состояний ДС1, 2, 4, 5.

Оператор К ( $x, y, z, I_0$ ) с визуированием 035-037 позволяет оценить форму улова, а по моменту совпадения с эталонной формой края определить угол ориентации, что дает возможность адаптивно управлять движением робота при сварке конструкции. Кроме того, с помощью оператора К можно оценить форму дефекта, острогу трещины, форму электродов и износа относительно базового уровня. При этом основные преобразования производятся через блок 4 с управлением от блока 11 фильтра 6, где формируется вращающая эталонная конфигурация, а затем через фильтры 7 и термодатчик 8 в блоке 11, где формируется результат сравнения.

Операторы  $P(x, y, I_0)$  и  $O(x, y, z, I_0)$  обеспечивают распознавание края и контроль трещин и скелетов соплений дефектов.

При визуировании зон 31-34 областей 035-037 оператор О подобно рассмотренному определяется преобразованиями по основной цепи 4, 11, 6, 7, 8, 11.

Используя динамические характеристики геометрии движения градиентно-экстремального сигнала  $I_1$  реперной области на держателе электрода оценивают состояние системы ската электродов, временные стадии сварки, глубину вдавливания электрода в деталь.

Таким образом реализуемые геометрические оценки в блоке 67 позволяют предупреждать недопустимый износ электродов, аномальные состояния ДС1, ДС2, ДС4, совершенствовать управление движением.

Диагностируемые режимы оборудования, электродов и сварочного процесса, определение по амплитудным оценкам полей дефектов (блок 68) с помощью градиентов Г (блоки 22, 23 и структуры 28, 35, 37, 39, 43, 44 фиг. 3 - 6) осуществляется посредством пассивного визуирования 31, 38 областей 035-037, 039. Основное преобразование сигналов проводится по цепи 4, 6-8, 11. Оператор Г (с дублирующим

RU 2 133 179 C 1

RU 2 133 179 C 1

действием оператора S) при визировании на 039 для реперных точек или сводящихся к ним площадей с известной исправностью позволяет, например, с помощью дифференциальной пироустойчивости в течение цикла  $T_d$  определять по H; локализацию причин, а по И отклонения режимов: давления в системе 1,2, охлаждения - в системе 1,3, электрического питания и перегрева источника - в системе 1,4.

На примере контроля  $I_d$  состояния кабеля вторичного контура 1.4.1 по +Г определяются критическими места износа кабеля при перегребе, более интенсивные нагревание током. Подобным образом обнаруживают перегрев в местах ослабления крепления токоподводящих элементов.

После визирования 31 областей 035-037 оператор Г позволяет в процессе нагрева оценивать по +Г(т) износ электродов (по перегреву и начальному выплеску, или неперевару в соответствии с видом свариваемых материалов). При этом приближением к границам диагностируемых состояний выплеска, перегрева для легких металлов и сплавов, легкосплавных покрытий, неперевара для сталей и их сплавов, титана и его сплавов определяют износ электродов.

Эффективность обнаружения и диагностики характеризуется экономией электроэнергии, увеличением производительности (часто увеличение ресурса электрода на 40% увеличивает производительность на 10%), уменьшением перегрева, трещин, улучшением качества с меньшей жесткостью неперевара, выплеска, ракеши.

На стадии диагностирования Ф3 по охлаждению с -Г(т) оцениваются ДС1-ДС5, и главным образом адаптивно сформированные посредством Ф5 ДС3, ДС6 (блок 32 фиг. 3). При этом полученные блоком 11 значения -Г(т) интегрируют по времени охлаждения под электродами и эта оценка позволяет судить о реальных размерах сварного соединения 1,11, в том числе твердой фазы 1,12 и литого ядра 1,15.

Контролируя Г(т) при охлаждении после отключения тока определять согласно нормативным, экспериментально

оцененным на стадии технологической подготовки данным оптимальные уровни включения и выключения прожига (блок 31 фиг. 3). Известно, что рациональная прожиг, совмещаемая с оптимальной формой электродов, при тех же режимах сварки в 2-8 раз увеличивает его циклическую прочность.

В блоке 69 контролируемая кривая остывания Г(т) сравнивается с записанными в память блока 11 кривыми - Г(т) эталонных твердостей. По совпадению с одной из них оценивается контролируемая твердость при наименьшей погрешности для низколегированных сталей.

Приблизительная оценка твердости деталей 1.7 после активного визирования зоны 32 035-037 с помощью излучателя 9 или после прогрева подогретым током  $I_d$  позволяет в реальном времени существенно влиять на качество сварки при оперативно оцениваемых измененных твердости в 1,5-2 раза. Контролируемая после сварки твердость характеризует достигнутый уровень и может быть использована для обеспечения

качественной сварки следующего сварного соединения.

Контроль и диагностика градиентно-экстремального сигнала  $U_d$  позволяет по локальному перегреву в процессе охлаждения обнаруживать поверхностные и подповерхностные дефекты несплошности деталей и сварного соединения, а также по изменению типа контраста в процессах нагрева и охлаждения или охлаждения с переходом от неадекватного  $U_d(0,1)$  к позитивному  $U_d(1,0)$  контрасту обнаруживать внутренние дефекты несплошности.

В отличие от менее изменчивых по термоклику вариаций твердости рассмотренный градиентно-экстремальный термоклик сигналов  $U_d$  перегрева в процессе охлаждения для дефектов поверхности и поверхностных сдвигов внутренних дефектов (блок 70) локально часто более изменчив (блок 24-27) и обычно требует для распознавания различные операторы оценки геометрии, взаимного положения, движения и вероятности, представленные алгоритмом А1 фиг. 7. При этом квантуют и бинарно преобразуют градиентно-экстремальные сигналы диагностируемых объектов, преимущественно дефектов несплошности, по распределению позитивного контраста  $U_d(0,1)$  определяют геометрические центры, траектории скелетов, местоположение, разветвленность узлов протяженных траекторий, изменение направления траекторий в сравнении с эталонными, площадь, объем, протяженность, конфигурацию, ориентацию, скорости, направления движения, статистические оценки распределения объектов, по распределению неадекватного сигнала  $U_d(0,1)$  определяют замкнутость (связность) траекторий, конфигураций объектов, расстояния между ними.

Вероятностный анализ (блок 71) дефектов и границ диагностических состояний предназначен для оптимизации управления качеством. При этом статистическая обработка информации о дефектах для увеличения циклической прочности важна еще и тем, что даже допустимые дефекты являются концентраторами напряжения, т.е. уменьшают усталостную прочность. Контроль дефектов внешних и внутренних проводится согласно табл. 1 и фиг. 3-7 как для деталей так и для результатов сварного соединения 1.11.

Рассматриваемый полный комплекс термосенсорных оценок многостороннего визирования на образцах сварных соединений с обеспечением ТСД собираемой и затем свариваемой конструкции определяет подготовку производства. Производственный процесс на базе отработанной технологии характеризуется существенно меньшими объемами визируемых преобразований, достаточных для конкретных объектов О, функций Ф, зон и областей визиования.

Таким образом, достигнутый технический результат состоит в том, что существенно повышается надежность и расширяются функциональные возможности диагностирования в реальном времени ведения контактной сварки за счет следующего. При настройке самодиагностики

RU 2 133 179 C 1

RU 2 133 179 C 1

и работе формируют термовоздействия, основное и вспомогательное (через отверстие зеркального объектива), излучение на объекты 02-08, что позволяет существенно снизить оптико-электронные статические, динамические, погрешности, обеспечить необходимые функции Ф1-Ф5 и большой спектр преобразований ТСД на основе термосенсорных оценок.

Спектральным контролем на основе частотной селекции ИИ оценивают уровень и возможность появления дефектов по расширяемым электронным статическим, динамическим, погрешностям, обеспечить необходимые функции Ф1-Ф5 и большой спектр преобразований ТСД на основе термосенсорных оценок.

Градиентно-экстремальным преобразованием временных и пространственных изменений амплитуд исходных сигналов о высокой помехоустойчивостью обеспечивает все термосенсорные преобразования с минимальным влиянием изменений, теплоотдачи и теплофизических характеристики.

Световодная, точечная организация пассивного и активного излучения исходной информации из различных зон впереди, по центру и позади сварного соединения областей визуирования под подвижными или (и) неподвижными электродами или (и) между ними, реперных точек на держателе подвижного электрода, на контролируемых поверхностях оборудования обеспечивает расширенный спектр преобразований ТСД качества сварки.

Совместное использование формируемых термовоздействий, спектральных градиентно-экстремальных преобразований и рационального оптикоэлектронного визуирования ИИ выбранных информативных зон обеспечивает следующие основные термосенсорные оценки диагностирования (в свою очередь определяемые и определяющие прогноз, контроль и адаптивное управление).

По снижению суммарной оценки термочувствительных элементов датчика - шунтирование от касания деталей токоведущих частей, внесение значительных магнитных масс в сварочный контур без недопустимого снижения напряжения питания.

По суммарной оценке с приближением к граничным диагностируемым состояниям выплеска, перегрева или неперова по видам различных металлов и сплавов - износ электродов.

Суммарной оценкой и соответствующими группами порогов по времени цикла прогнозируют, контролируют диагностируемые состояния выплеска, перегрева, нормы, неперова и твердой фазы.

С помощью суммарной интегрирующей оценки состояния системы под электродами контролируют уровень достигнутых размеров. По точечной динамической оценке движения электрода - состояние системы сжатия, временные стадии сварки и глубину вдавливания электрода в деталь.

Текущее геометрическое оценивание формы и установок электродов, перекоса детали электродами, подхода к прихватке, краю, места износа оборудования.

Точечными оценками состояния путем контроля: совпадения текущей

термоградиентной кривой с одной из кривых эталонных твердостей оценивают твердость деталей или сварного соединения; снижением экстремально-градиентного сигнала, острое изгиба пояска на детали от вдавливания электрода; перегревом, изменением контраста - дефекты поверхностей, в глубине деталей и сварного соединения. геометрические оценки: по позитивному контрасту  $U_i(1,0)$  - центра, скелетов, траекторий, местоположения и разветленности узлов протяженных траекторий, изменения их направления, ориентации, объема, площади, протяженности, скорости, направления движения объектов, статистической оценки их совокупности; по негативному контрасту  $U_i(0,1)$  - замкнутость (связность) траекторий и конфигураций, расстояния между ними.

#### Формула изобретения:

1. Способ диагностики контактной сварки, включающий оптикоэлектронное формирование инфракрасного излучения тепловых следов сварного соединения из оптоэлектронной области поверхности детали, преобразование излучения в электрические сигналы, сравнение их с заданными пороговыми уровнями, обеспечение заданного слежения за пороговым расслоением, отличающийся тем, что формируют термовоздействия инфракрасным излучением на объекты диагностирования, частотно фильтруют инфракрасное излучение и по нему определяют состояние поверхности, загрязнение деталей и электродов, электрические преобразования осуществляют термизматиком с точечной поверхностью восприятия тепловых сигналов с формированием из них электрического сигнала  $U_i$ , где  $i$  - номер точечного элемента. учитывают влияние колебаний напряжения электрической питающей сети, технологических изменений толщины свариваемых деталей и их количества на диагностируемые градиентно-экстремальные сигналы, временные, пространственные изменения амплитуд исходных сигналов накапливают и плоскостно размывают, преобразуют их в градиентно-экстремальные сигналы путем моделирования дифференциального уравнения теплопроводности, по суммарному электрическому сигналу с термочувствительных элементов датчика при включении тока определяют наличие сварочного процесса, на выбранном участке нарастания тока определяют возможность выплеска, перегрева, нормы, неперова, наличие твердой фазы, пороговыми снижениями уровней определяют шунтирование от касания деталей токоведущих частей оборудования, внесение значительных магнитных масс в сварочный контур, пороговым превышением уровней от реперных областей сварочного оборудования определяют его перегрев, определяют износ электродов при приближении к границам диагностируемых состояний выплеска, перегрева для литейных металлов и сплавов, легкоплавких покрытий, неперова для сталей и их сплавов, титана и его сплавов, интегрированием  $U$  по заданному времени состояния деталей под электродами

определяют уровень достигнутых размеров сварного соединения, по динамике движения градиентно-экстремального сигнала  $U_1$  реперной области на держателе электрода оценивают состояние системы сжатия электродов, временные стадии сварки, глубину вдавливания электрода в деталь, по плоскостному распределению градиентно-экстремальных сигналов  $U_1$  определяют подходы к прихватке, к краю свариваемых деталей, геометрические определяют форму и перекос электродов, перекос деталей относительно электродов, локализируют области перегрева, по которым определяют износ оборудования, в том числе гибкого кабеля сварочного тока, ослабление крепления токопроводящих элементов, при локальном уменьшении уровня  $U_1$  нагрева определяют острые кромки поверхностных дефектов, в том числе поясок на детали от вдавливания электрода, при локальном перегреве в процессе охлаждения сварного соединения обнаруживают поверхностные и подповерхностные дефекты несплошности деталей и сварного соединения, при совпадении термоградиентных кривых остывания одного из эталонных и контролируемого участков определяют твердость участка детали или сварного соединения, квантуют и бинарно преобразуют градиентно-экстремальные сигналы

диагностируемых объектов с получением сигналов позитивного  $U_1(1,0)$  и негативного  $U_1(0,1)$  контрастов, по распределению позитивного контраста  $U_1(1,0)$  определяют геометрические центры, траектории скелетов, местоположение, разветвленность узлов протяженных траекторий, изменение направления траектории в сравнении с эталонным, площадь, объем, протяженность, конфигурацию, ориентацию, скорость, направление движения, статистические оценки распределения объектов, по распределению негативного контраста  $U_1(0,1)$  определяют замкнутость траекторий, конфигураций объектов, расстояния между ними.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что инфракрасное излучение тепловых следов сварного соединения по крайней мере при технологической подготовке производства оптически формируют из междуэлектродной области.

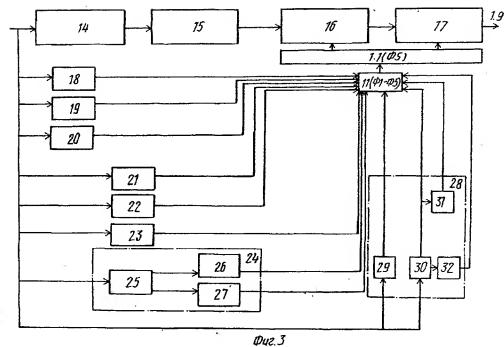
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что по изменению типа контраста в процессах нагрева и охлаждения или охлаждения с переходом от негативного  $U_1(0,1)$  к позитивному  $U_1(1,0)$  контрасту распределения градиентно-экстремальных сигналов определяют наличие или отсутствие внутренних дефектов несплошности.



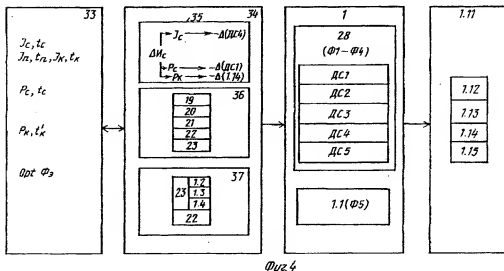
RU 2133179 C1



RU 2 1 3 3 1 7 9 C 1



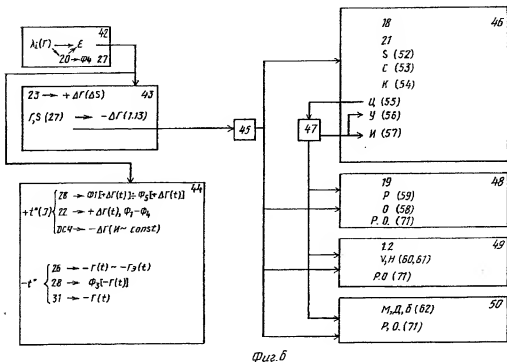
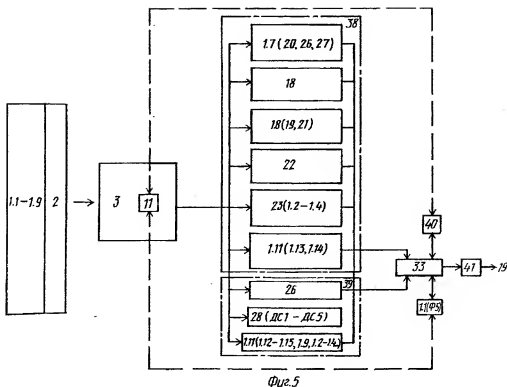
Фиг. 3



Фиг. 4

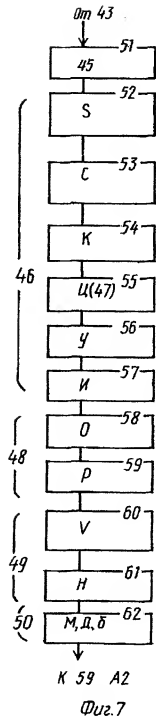
RU 2 1 3 3 1 7 9 C 1

RU 2 1 3 3 1 7 9 C 1



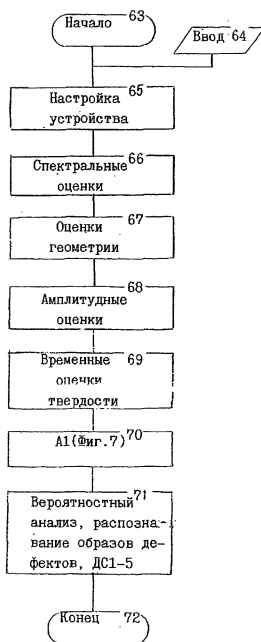
RU 2 1 3 3 1 7 9 C 1

RU 2133179 C1



RU 2133179 C1

RU 2 1 3 3 1 7 9 C 1



Фиг.8

RU 2 1 3 3 1 7 9 C 1